

Alternatif Fondasi Tiang Pancang Untuk Menara Mesjid Agung Al-Mukarram

Markawie dan Syariefuddin Maulana

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat

Abstrak

Keberadaan menara pada Kabupaten Kapuas Kota Kuala Kapuas Komplek Islamic Center. Rencana awal desain fondasi. menggunakan fondasi tiang beton bertulang precast dengan penampang persegi ukuran 50 cm x 50 cm dengan kedalaman 22 meter. Direncanakan alternatif fondasi yang lain akibat perubahan rencana struktur bangunan atas. Dari *preliminary design* fondasi (tiang pancang dan poerplat) selanjutnya dengan data CPT yang tanah kerasnya berada pada kedalaman 24 meter, dilakukan perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang dengan tinjauan beberapa metode yang sesuai dengan data tanah yang tersedia.

Dari analisis struktur diperoleh gaya-gaya yang disalurkan ke tiang pancang, beban maksimal yang bekerja untuk satu tiang aksial 59,6 ton dan untuk gaya lateral 1,527 ton. Dengan fondasi tiang pancang berdiameter 40 cm kedalaman 24 m konfigurasi 69 buah serta tebal poer 1,3 m. Penurunan tiang kelompok yang terjadi 19,926 mm < lebih kecil dari yang syaratkan sejenis gedung bertingkat tinggi 40 mm berdasarkan ASTM D1143-81 sehingga alternatif desain fondasi menara mesjid al-mukarram secara keseluruhan memenuhi syarat-syarat teknis.

Kata Kunci : fondasi tiang pancang, menara Mesjid

Pendahuluan

Kuala Kapuas adalah salah satu kota di Kalimantan Tengah yang sedang mengalami perkembangan secara signifikan. Perkembangan yang paling jelas terlihat adalah pada bidang pembangunan bangunan sipil. Sejak tahun 2010 yang lalu sudah dimulainya perkembangan kota seiring dengan pergantian kepala pemerintahan daerah. Pada tahun tersebut pembangunan proyek pertama sebagai awal perkembangan kota adalah taman. Dimana lahan-lahan tengah kota yang dulunya tidak terurus menjadi sebuah taman bernuansa budaya dayak Kalimantan Tengah yang berfungsi memperindah tata Kota Kuala Kapuas.

Selain pembangunan taman kota pada tahun yang sama juga mulai dibangunnya Mesjid Agung Al-Mukarram Kuala Kapuas yang pembangunannya dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama dalam pembangunan Mesjid Agung Al-Mukarram Kuala Kapuas pada tahun 2010 adalah perbersihan lahan untuk pembangunan mesjid dan pengerjaan struktur bawah. Tahap kedua pada tahun 2011 pembangunan Mesjid Agung Al-Mukarram Kuala Kapuas memasuki pembangunan fisik struktur atas. Dan tahap ketiga pada tahun 2012 ini akan dilakukan *finishing* bangunan masjid beserta bangunan penunjang lainnya yang salah satunya pembangunan menara sebagai kelengkapan mesjid. Menara mesjid ini bertempat tepat di halaman depan kiri mesjid dan difungsikan khusus.

Menara Mesjid Agung Al-Mukarram Kuala Kapuas mempunyai desain perencanaan fisik bertingkat dengan struktur bawah menggunakan fondasi tiang pancang. Menara Mesjid dibangun dengan ketinggian 40 meter dari

permukaan tanah dengan pembagian 1 lantai dasar dan 6 lantai di atasnya. Dengan diameter kepala menara 7,2 meter serta luas bangunan 234,09 m². Struktur bawah menara mesjid ini menggunakan fondasi tiang pancang dengan ukuran 50x50 cm² dengan jumlah 69 buah.

Karena berbagai pertimbangan maka menara mesjid akan diubah desain dengan menghilangkan konstruksi lift sehingga menara mesjid hanya akan memakai tangga sebagai alat untuk mencapai puncak menara. Sehingga dengan diubahnya desain menara maka berubah juga desain fondasi yang akan dipakai yang awalnya persegi 50 x 50 cm menjadi rencana yang lebih tepat untuk beban yang di kurangi akibat lift yang dihilangkan.

Selain segi konstruksi yang berubah dari segi biaya yang ditinjau dari segi teknis juga perlu dikhawatirkan. dengan ukuran diameter pancang yang cukup besar otomatis dalam pengerjaannya, tiang pancang yang dipasang tidak dapat masuk terlalu dalam dan tidak dapat mencapai ke lapisan tanah keras karena jika dipaksa untuk lebih dalam lagi dengan pukulan paksa dari jack hammer akan membuat pancang pecah. Jika tiang pancang yang merupakan struktur utama fondasi terlalu dangkal masuk ke tanah maka dikhawatirkan terjadinya penurunan yang besar, karena tiang pancang yang besar hanya dapat mengandalkan kekuatan lekat tanah sedang ujung tiang pancang masih berada di tanah lunak.

Dari masalah-masalah yang ada tersebut diatas dapat dipelajari bahwa dengan perubahan rencana bangunan atas maka akan diubah dengan desain fondasi yang baru yang lebih baik dari segi konstruksi, pengerjaan dan biaya.

Untuk mengatasi hal-hal tersebut maka akan dilakukan perencanaan alternatif fondasi tiang pancang. Dengan maksud dilakukannya perencanaan alternatif fondasi kita dapat merencanakan sebuah rencana fondasi yang lebih mudah dan efisien dalam pengerjaan serta nilai dari segi biaya agar lebih ekonomis dibanding rencana awal dan dari segi keamanan agar mendapatkan daya dukung fondasi yang akurat lagi dibandingkan rencana awal. Dengan memasang diameter tiang pancang yang lebih kecil diharapkan dapat mengganti fondasi awal yang lebih terkesan terlalu besar dan berlebihan dari segi biaya.

Metode Analisa

Bangunan Menara di sini adalah bangunan yang baru di rancang dan dibangun struktur atasnya saja . untuk sementara fondasi yang digunakan adalah fondasi yang berukuran 35 cm x 35 cm dengan bentuk persegi. Tiang pancang ini dibuat dengan kekuatan kurang dari 25 Mpa karena dibuat dengan cara lokal. Maka dengan adanya alternatif desain maka akan diharapkan fondasi yang didapat bisa lebih efisien untuk mendukung bangunan berdiri lebih kuat.

Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data Primer diperlukan sebagai pelengkap dari kekurangan data yang akan digunakan sebagai bahan perencanaan. Seperti kecepatan angin yang akan diukur sendiri di lokasi pembangunan dan wilayah gempa.

2. Data Sekunder

Untuk menunjang perencanaan alternatif fondasi ini maka diperlukan pengumpulan data. Salah satunya yaitu data sekunder yaitu data yang didapat dari perencanaan sebelumnya yang pernah digunakan untuk merencanakan fondasi sebelumnya. Seperti data penyelidikan tanah dan data perancangan struktur atas seperti kualitas bahan serta informasi tentang bangunan.

Perhitungan Beban

Pembebanan pada bangunan bertingkat sangat penting dalam suatu perencanaan perencanaan karena pembebanan tersebut akan mempengaruhi analisa struktur perancangan. Beban-beban yang mempengaruhi perhitungan tersebut antara lain:

1. Beban mati (D)
2. Beban Hidup (L)
3. Beban Angin (W)
4. Beban Gempa (E)
5. Beban Khusus (A)

Kombinasi Beban yang terjadi:

- $U = 1,4 D$
- $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 A$
- $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,6 W + 0,5 A$
- $U = 0,9 D \pm 1,6 W$
- $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
- $U = 0,9 D \pm 1,0 E$
- $U = 1,4 (D + F)$
- $U = 1,2(D + T) + 1,6L + 0,5 (A)$

Analisa Struktur

Analisa struktur dalam perancangan bangunan ini menggunakan perangkat lunak yang diproduksi oleh CSI (*Computers and Structures Inc*) yang dinamakan dengan SAP2000. Program ini merupakan aplikasi komputer yang digunakan untuk menganalisis dan merancang struktur terutama pada bidang teknik sipil. Analisa SAP2000 ini dapat diketahui gaya-gaya kemudian gaya yang terjadi pada peletakan akan diproyeksikan untuk merencanakan fondasi sehingga dapat dihitung kapasitas daya dukungnya.

Dari hasil analisa akan dihasilkan gaya momen, vertikal dan horizontal yang terletak di perletakan. Setelah ditabelkan maka ambil gaya terbesar untuk diproyeksikan kembali sebagai analisa pada perencanaan fondasi.

Langkah-langkah proses SAP2000:

- Samakan Satuan
- Buat Model Struktur
- Define Material yang dipakai
- Define Profil yang dipakai
- Aplikasikan Profil pada Struktur
- Define Beban
- Aplikasikan Beban
- Cek Gambar Struktur – Model Sap2000
- Run Analisa
- Cek the Result

Preliminary Design

Preliminary desing merupakan desain awal di mana data yang berupa suatu gaya dan data yang ada dijadikan patokan atau acuan untuk memperkirakan suatu desain dimensi.

Dalam hal ini desain untuk fondasi mempunyai data bahan dan kualitas bahan yang dipakai, serta hasil gaya yang dijalankan *software* struktur berupa momen, lintang dan geser. Dari data-data tersebut maka dapat diperkirakan desain fondasi yang dapat dipakai untuk keperluan perencanaan lebih lanjut.

Hasil Analisa

Kapasitas Dukung Tiang Tunggal

Rencana asal dari gambar kerja adalah tiang pancang dengan penampang 50 x 50 dengan kedalaman 15 m diganti dengan tiang pancang berpenampang lingkaran 40 cm dengan kedalaman 24 m.

Data Bahan:

Diameter tiang pancang : 40 cm = 0,40 m

Panjang Tiang Pancang : 24 m

Kuat Tekan Beton Tiang Pancang : 37 MPa = 37000 kPa

Berat Beton Bertulang (W_c) : 24 kN

Hasil dari beberapa metode:

A. Tahanan Aksial Tiang Pancang

- Berdasarkan Kekuatan Bahan : 78,4 ton/tiang
- Berdasarkan Metode Bagemann : 80,9 ton/tiang
- Berdasarkan Metode Schmertmann – Nottingham : 158,2 ton/tiang
- Berdasarkan Metode Meyerhoof : 83,92 ton/tiang

B. Tahanan Lateral Tiang Pancang

- Berdasarkan Metode Broms : 20 ton/tiang

Maka Kapasitas tiang yang dipakai adalah yang terkecil:

Tahanan Aksial 78,4 ton/tiang dan Tahanan Lateral 20 ton/tiang

Kapasitas tiang maksimum 59,6 ton

Maka:

59,6 ton < 78,4 ton aman

Efisiensi Kelompok Tiang

E_g = efisiensi kelompok tiang

m = Jumlah Baris tiang

n' = Jumlah tiang dalam satu baris

θ = arc tg d/s , dalam derajat

s = jarak pusat ke pusat tiang (m)

d = diameter tiang (m)

Persamaan Converse-Labarre Formula

$$E_g = 1 - \theta \cdot \frac{(n' - 1) \cdot m + (m - 1) \cdot n'}{90 \cdot m \cdot n'}$$

$$m = 9$$

$$n' = 9$$

$$s = 200 \text{ cm}$$

$$d = 25 \text{ cm}$$

$$\theta = \text{arc tg } 25/200 = 7,125^\circ$$

Masukkan dalam persamaan:

$$E_g = 1 - \theta \cdot \frac{(n' - 1) \cdot m + (m - 1) \cdot n'}{90 \cdot m \cdot n'}$$

$$E_g = 1 - 7,125 \cdot \frac{(9 - 1) \cdot 9 + (9 - 1) \cdot 9}{90 \cdot 9 \cdot 9}$$

$$E_g = 0,859$$

Los Angeles Group Action Formula

$$E_q = 1 - \frac{d}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} \left\{ m \cdot (n - 1) + m \cdot (n - 1) + \sqrt{m \cdot (n - 1) \cdot (m - 1)} \right\}$$

$$E_q = 1 - \frac{25}{\pi \cdot 200 \cdot 9 \cdot 9} \left\{ 9 \cdot (9 - 1) + 9 \cdot (9 - 1) + \sqrt{9 \cdot (9 - 1) \cdot (9 - 1)} \right\}$$

$$E_q = 1 - 0,000491 \cdot \{168\}$$

$$E_q = 0,917$$

Berdasarkan Metode Feld

Rumus umum Feld:

$$\text{Eff}_i = 1 - \frac{\sum i}{n}$$

Jumlah tiang pancang (n) = 69 buah

Tipe A = 4 buah

Tipe B = 20 buah

Tipe C = 45 buah

$$\begin{aligned}
 \text{Eff}_A &= 1 - \frac{4}{69} = 0,942 \\
 \text{Eff}_B &= 1 - \frac{20}{69} = 0,710 \\
 \text{Eff}_C &= 1 - \frac{45}{69} = 0,348 \\
 E_g &= \frac{(\text{Eff}_A \cdot \sum A) + (\text{Eff}_B \cdot \sum B) + (\text{Eff}_C \cdot \sum C)}{n} \\
 &= \frac{(0,942 \cdot 4) + (0,710 \cdot 20) + (0,348 \cdot 45)}{69} \\
 &= 0,487
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan ketiga metode maka efisiensi yang digunakan efisiensi yang terkecil dan yang cocok digunakan pada susunan yaitu dengan menggunakan metode *Feld* senilai **0,487**

Daya Dukung Kelompok Tiang

Dalam Perhitungan daya dukung kelompok digunakan data sondir:

$$Q_{ug} = Q_{ult} \cdot n' \cdot E_g$$

Diameter tiang pancang (\emptyset) : 40 cm

Kedalaman (z) : 24 m

Jumlah Tiang Pancang (n') : 69 m

Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal (Q_{ult}) : 784 kN

Efisiensi Kelompok tiang (E_g) : 0,487

Maka masuk akan dalam persamaan:

$$Q_{ug} = 784 \cdot 69 \cdot 0,487$$

$$Q_{ug} = \mathbf{26344,752 \text{ kN}}$$

Cek Keruntuhan

$$\sum V = 25817 \text{ kN}$$

Maka syarat yang ditentukan adalah:

$$\sum V < Q_{ug}$$

$$25817 \text{ kN} < 26344,752 \dots \dots \dots \text{Aman !!}$$

Penurunan Tiang

Perencanaan suatu fondasi bangunan harus memperhatikan dua hal yang utama, antara lain:

- Daya dukung tanah yaitu apakah tanah itu cukup kuat untuk menahan beban fondasi tanpa terjadi keruntuhan akibat menggeser. Tentu saja hal ini tergantung pada kekuatan geser tanah.
- Penurunan yang terjadi, hal ini tergantung pada macam tanah. Semua tanah yang mengalami tegangan dengan adanya beban di atasnya akan mengalami regangan di dalam kerangka tanah tersebut Regangan ini disebabkan oleh penggulingan, penggeseran, atau menggelinciran dan terkadang juga kehancuran partikel-partikel tanah pada titik kontak serta distorsi elastis. Regangan pada tanah berbutir kasar dan tanah berbutir

halus yang kering atau jenuh sebagian akan terjadi dengan segera sesudah bekerjanya tegangan. Bekerjanya tegangan pada tanah berbutir halus yang jenuh akan menghasilkan regangan yang tergantung pada waktu. Penurunan yang terjadi akan tergantung pada waktu dan disebut dengan penurunan konsolidasi. Jangka waktu terjadinya penurunan tersebut tergantung bagaimana cepatnya tekanan pori yang berlebihan akibat beban yang bekerja dapat dihilangkan. Karena permeabilitas merupakan faktor penting.

Penurunan kelompok tiang selalu akan lebih besar daripada penurunan satu tiang tersendiri dan ada kalanya akan berpuluh kali lebih besar. Untuk tiang dalam pasir, hal ini umumnya tidak menjadi soal meskipun tiangnya merupakan kelompok atau satu tiang tersendiri penurunannya masih akan begitu kecil sehingga tidak mempengaruhi bangunan tersebut dan perhitungan penurunan dapat dianggap tidak perlu. Lain halnya dengan lapisan lempung yang berada dibawah pasir tersebut sangat diperlukan perhitungan penurunan. Untuk tiang dalam lempung penurunan kelompok tiang masih dapat menjadi besar dan perlu diperhitungkan dalam perencanaan kelompok tersebut. Dalam hal ini penurunan dapat ditentukan dengan cara yang sama seperti untuk fondasi langsung yaitu kita mengambil contoh asli untuk percobaan konsolidasi dan kita taksir tegangan vertikal dalam tanah sebelum dan sesudah tiang dipasang. Bilamana tiang dimasukkan sampai lapisan pasir atau lapisan keras lain yang agak tipis dengan lapisan lempung dibawahnya maka beban tiang kita anggap bekerja pada ujung tiang. Kemudian untuk menentukan tambahan tegangan kita pakai cara sama seperti yang diterangkan tadi.

Penurunan Elastik Tiang Tunggal

Penurunan tiang di bawah beban kerja vertikal (Q_w) disebabkan oleh tiga faktor berikut ini:

$$s = s_1 + s_2 + s_3$$

Dimana,

s = penurunantiang total

s_1 = penurunan batang tiang

s_2 = penurunan tiang akibat beban titik

s_3 = penurunan tiang akibat beban yang tersalur sepanjang batang

Menentukan s_1

Jikadiasumsikanbahwabahantiangadalahelastik,

makadeformasibatangtiangdapatdievaluasidenganmenggunakanprinsip-prinsipmekanikabahan:

Tegangan Ijin yang dipakai untuk satu tiang adalah berdasarkan kekuatan bahan yaitu 78,4 kN

$$s_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p}$$

Dimana,

$$Q_{ws} = \frac{HP \cdot O}{SF}$$

$$Q_{ws} = \frac{1738.125,714}{5}$$

$$Q_{ws} = 43698 \text{ kg} = 43,698 \text{ ton}$$

$$Q_{wp} = 78,4 - 43,698 = 34,702 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 A_p &= 0,16 \text{ m}^2 \\
 L &= 24 \text{ m} \\
 E_p &= 21 \times 10^6 \text{ kN/m}^2 \\
 E_s &= 30000 \text{ kN/m}^2 \\
 \xi &= 0,67 \text{ (Tahanan kulit berbentuk segitiga)}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 s_1 &= \frac{(347,02 + 0,67 \cdot 436,98) \cdot 24}{0,16 \cdot 21 \times 10^6} \\
 s_1 &= \frac{15355,118}{3360000} \\
 s_1 &= 0,00457 \text{ m} = 4,57 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan S_2

Penurunan tiang yang ditimbulkan oleh beban pada ujung tiang dapat dinyatakan dalam bentuk yang samaseperti yang diberikan dalam pondasi dangkal:

$$s_2 = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp}$$

Dimana,

$$\begin{aligned}
 D &= 0,4 \text{ m} \\
 q_{wp} &= \frac{Q_{wp}}{A_p} \\
 q_{wp} &= \frac{347,02}{0,16} \\
 q_{wp} &= 2168,875 \text{ kN/m}^2 \\
 E_s &= 30000 \text{ kN/m}^2 \\
 \mu &= 0,3 \\
 I_{wp} &= 0,88 \text{ (untuk pondasi tiang dengan penampang lingkaran)} \\
 s_2 &= \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \\
 s_2 &= \frac{2168,875 \cdot 0,4}{30000} (1 - 0,3^2) \cdot 0,88 \\
 s_2 &= 0,0231578 \text{ m} = 23,1578 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan S_3

Penurunan tiang yang ditimbulkan oleh pembebanan pada kulit tiang dapat diberikan dengan rumus berikut:

$$s_3 = \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

Dimana,

$$\begin{aligned}
 P &= 1,256 \text{ m} \\
 L &= 24 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{24}{1,256}}$$

$$I_{ws} = 3,5299$$

$$s_3 = \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

$$s_3 = \left(\frac{436,98}{1,256.24} \right) \frac{0,4}{30000} (1 - 0,3^2) . 3,5299$$

$$s_3 = 0,0006209 \text{ m} = 0,6209 \text{ mm}$$

Maka:

$$s = s_1 + s_2 + s_3$$

$$s = 4,57 \text{ mm} + 23,1578 \text{ mm} + 0,6209 \text{ mm}$$

$$s = 28,3487 \text{ mm}$$

Penurunan Ijin

Penurunan kelompok tiang lebih kecil dari penurunan ijin untuk bangunan sebesar 25 mm berdasarkan ASTM D1143-81.

$$\begin{aligned} S_{ijin} &= 10\% \times \text{Diameter tiang pancang} \\ &= 10\% \times 40 \text{ cm} \\ &= 4 \text{ cm} = 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi Penurunan yang terjadi kurang dari penurunan ijin

(28,3487 mm < 40 mm) oke

Penurunan Elastic KelompokTiang

Vesic (1969) merumuskanpenurunandenganmenggunakan datasondir:

$$S_{g(e)} = \frac{q \cdot B_g \cdot I}{2 \cdot \bar{q}_c}$$

Dimana:

$$S_{g(e)} = \text{penurunan elastic kelompoktiang}$$

$$q = \frac{Q_g}{L_g \cdot B_g}$$

$$L_g = \text{panjang kelompok tiang}$$

$$B_g = \text{lebar kelompok tiang}$$

$$I = \text{faktor pengaruh}$$

$$I = 1 - \frac{L_g}{8 \cdot B_g} \geq 0,50$$

$$\bar{q}_c = \text{rata - rata nilai konus}$$

Dimana:

$S_{g(e)}$ = penurunan elastic kelompok tiang

$$q = \frac{Q_g}{L_g \cdot B_g}$$

$$= \frac{2581700}{1400 \cdot 1400}$$

$$= \frac{2581700}{1960000}$$

$$= 1,3172 \text{ kg/cm}^2$$

L_g = 1400 cm

B_g = 1400 cm

I = faktor pengaruh

$$I = 1 - \frac{14}{8,14} \geq 0,50$$

$$= 0,875$$

$$\overline{q_c} = 404880 \text{ kg/cm}^2 =$$

Maka:

$$S_{g(e)} = \frac{1,3172 \cdot 1400 \cdot 0,875}{2,40,488}$$

$$= \frac{1613,57}{80,976}$$

$$= 19,926 \text{ mm}$$

Jadi Penurunan yang terjadi kurang dari penurunan ijin (19,926 mm < 40 mm) oke

KESIMPULAN

1. Dimensi poerplat adalah 15,3 m x 15,3 m x 1,3 m.
2. Tiang pancang yang dipakai adalah berjumlah 69 buah.
3. Dimensi tiang pancang yang dipakai adalah diameter 40 cm berkedalaman 24 meter.
4. Untuk tahanan aksial yang diambil sebagai perbandingan adalah nilai kapasitas terkecil yaitu kapasitas tiang tunggal berdasarkan metode kekuatan bahan sebesar 78,4 ton dengan gaya yang ditahan sebesar 59,6 ton/tiang.
5. Effisiensi yang dihasilkan dengan metode Feld adalah 48,7% sehingga kapasitas tiang kelompok dihasilkan 2634,5 ton lebih besar dari gaya yang bekerja yaitu 2581,7 ton.
6. Penurunan elastis yang terjadi adalah 19,926 mm berarti lebih besar dibanding angka ijin yang menurut peraturan ASTM D1143-81 sebesar 40 mm.
7. Karena bentuk poerplat dan konfigurasi tiang simetris maka tulangan yang pakai pada poerplat arah x – x dan arah y – y sama yaitu D25 – 100
8. Maka dari segi teknis fondasi mampu memikul beban yang bekerja akibat bangunan menara.

DAFTAR PUSTAKA

- Fardheni, ArieFebry. *Pembebanan Pada Struktur Bangunan*. Fakultas Teknik Sipil
- Fardheni, Arie Febry. 2006. *SAP2000 For Beginners*. Fakultas Teknik Unlam: Banjarmasin
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Analisa dan Perancangan Fondasi I*. Gajah Mada University Press: Yogyakarta
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Analisa dan Perancangan Fondasi II*. Gajah Mada University Press: Yogyakarta
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2007. *Mekanika Tanah 2*. Gajah Mada: Yogyakarta
- Ilham M. Noer. 2011. *Analisa Struktur Gedung Dengan Software ETABS v9.2.0*. MNC: Jakarta
- ISBN: 979-8382-50-1. *Rekayasa Fundasi II Fundasi Dangkal dan Fundasi Dalam*. Gunadarma: Jakarta
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1987
- Pohan, Ahmad Dauzi. 2009. *Analisa Daya Dukung Pondasi Pancang Tunggal pada Proyek Rusnawa Medan*. Universitas Sumatera Utara: Medan
- Pradoto, Suhardjito. 1989. *Teknik Fundasi. Laboratorium Geoteknik Pusat Antar Universitas Ilmu Rekayasa*. ITB: Bandung
- Pramono, Hadi. 2005. *ETAB 8.0 Untuk Struktur 2D dan 3D*. Maxikom: Palembang
- PUSKI. 2008. *Desain Struktur Beton Bertulang dengan SAP2000 V11*. ITS: Surabaya
- M. Das Braja. 2007. *Principless of Foundation Engineering*. Sixth Edition. Thomson. Canada
- Muchtar, Ahmad. 2011. *Rekayasa Pondasi*. UnNar: Surabaya
- Murthy, V.N.S. 2007. *Geotechnical Engineering*. 270 Madison Avenue: New York
- Nakazawa, Kazuto. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Pradnya Paramita: Jakarta
- Sholeh, Mochammad. 2008. *Rekayasa Fondasi I*. Politeknik Negeri Malang: Malang
- Tjitradi, Darmansyah. 2004. *Modul Struktur Beto Bertulang II*. UNLAM: Banjarmasin
- Tomlison, Michael. 2008. *Pile Design and Construction Practice*. Fifth Edition. Francis
- Tua Simatupang, Pintor. 2010. *Rekayasa Fondasi 2*. Pusat Pengembangan Bahan Ajar: UMB
- Vulcanhammer. 2004. *Soils and Foundations Handbook*. State Materials Office: Florida
- Wesley, L.D. 1977. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum: Jakarta
- Yuswandono, Mulyadi. 2011. *Rekayasa Fondasi 2*. Politeknik Negeri Bandung: Bandung